

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

Traction system for rail vehicle and control method therefor

Patent Number: ☐ EP0820893, A3
Publication date: 1998-01-28
Inventor(s): REINHOLD HARRY DR (DE); STEINER MICHAEL (DE)
Applicant(s): ABB DAIMLER BENZ TRANSP (DE)
Requested Patent: ☐ DE19630284
Application Number: EP19970112480 19970719
Priority Number(s): DE19961030284 19960726
IPC Classification: B60L9/28; H02M5/45
EC Classification: B60L9/28, H02M5/45
Equivalents: CN1172746, ☐ JP10234186

Abstract

The drive system has a number of partial current regulators (40.1,...40.n) using switching semiconductors. The semiconductors are connected in series with a choke coil (38) between a current take-off (36) cooperating with an overhead supply line and wheel/rail system (37). Each of the partial current regulators has a 4-quadrant regulator, an intermediate circuit capacitor and a DC/AC converter on the primary side and a transformer on the secondary side, with the secondary sides connected in parallel to provide a common AC circuit.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 196 30 284 A 1

21 Aktenzeichen: 196 30 284.6
22 Anmeldetag: 26. 7. 98
23 Offenlegungstag: 29. 1. 98

51 Int. Cl. 6:
B 60 L 9/24
H 02 M 5/44
H 02 M 7/48
H 02 P 7/63
H 02 M 7/12

DE 196 30 284 A 1

71 Anmelder:

ABB Patent GmbH, 68309 Mannheim, DE

72 Erfinder:

Steiner, Michael, Dipl.-Ing., 88723 Schwetzingen,
DE; Reinold, Harry, Dr.-Ing., 69116 Heidelberg, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 195 24 005 A1
DE 40 28 955 A1

ÖSTLUND, S.: Influence of the control principle on a
high-voltage inverter system for reduction of
traction-transformer weight. In: Elektrische Bahnen
eb, 88, 1990, 3, S.110-115;

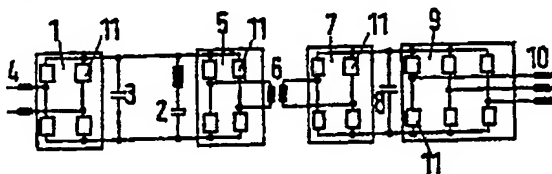
STILL, Ludwig, HARTUNG, German: Modularer IGBT-
Hilfsbetriebsrichter für Triebfahrzeuge. In: eb -
Elektrische Bahnen 92, 1994, 11, S.305-310;

BOSE, Bimal K., et al.: Microcomputer Control of a
Residential Photovoltaic Power Conditioning
System. In: IEEE Transactions On Industry

Applications, Vol.1A-21, No.5, Sep./Oct. 1985,
S.1182-1191;
RECKHORN, Th., ACKVA, A.: Comparison of
current-fed and voltage-source traction drive
systems with separately excited synchronous
machine. In: Elektrische Bahnen eb, 88, 1990, 3,
S.181-188;

54 Antriebssystem für ein Schienenfahrzeug und Ansteuerverfahren hierzu

57 Es wird ein Antriebssystem für ein Schienenfahrzeug
vorgeschlagen, bestehend aus zwei über mindestens einen
Transformator (8, 16/17, 22/23, 30/31/32, 35) gekoppelten
Teilsystemen, wobei in jedem der beiden Teilsysteme min-
destens ein Vierquadrantensteller (1, 7, 18/19, 33), min-
destens ein Zwischenkreiskondensator (3, 8, 12/13, 20/21,
24/25/28) und mindestens ein Wechselrichter (5, 8, 14/15,
27/28/29, 34) angeordnet sind, der Vierquadrantensteller (1)
des ersten Teilsystems über ein Eingangsfilterssystem (4) an
ein Wechselspannungsnetz angeschlossen ist und der Wechsel-
richter des zweiten Teilsystems mit einem Antriebs-
motor (10) verbunden ist, wobei der Vierquadrantensteller
(1) des ersten Teilsystems mit einer geringen Frequenz bis
ungefähr 500 Hertz taktet, der Wechselrichter (5, 14/15,
27/28/29, 34) des ersten Teilsystems und der Vierquadran-
tensteller (7, 18/19, 33) des zweiten Teilsystems im Bereich
zwischen 8 und 20 Kilohertz betrieben werden und der
Wechselrichter (9) des zweiten Teilsystems ebenfalls bis
ungefähr 500 Hertz taktet.



DE 196 30 284 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 11. 97 702 065/514

7/26

Die Erfindung bezieht sich auf ein Antriebssystem für ein Schienenfahrzeug sowie auf ein Ansteuerungsverfahren hierzu.

Aus der Dissertation Stefan Östlund, A Primary Switched Converter System for Traction Applications, Trita-EMK-9201, Royal Institute of Technology, Department of Electrical Machines and Power Electronics, ist in Fig. 2.2.1 auf Seite 7 ein Antriebssystem für ein Schienenfahrzeug angegeben, bei dem ein Transformator vorgesehen ist, der primärseitig über einen Direktumrichter mit einem Wechselspannungsnetz verbunden ist und sekundärseitig über einen Vierquadrantensteller mit Saugkreis, einen Zwischenkreiskondensator und einen Wechselrichter einen Antriebsmotor des Schienenfahrzeuges speist. Der Transformator wird dabei mit einer Frequenz von einigen hundert Hz betrieben. Der Direktumrichter erfordert symmetrisch sperrende Halbleiterventile.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Antriebssystem für ein Schienenfahrzeug anzugeben, bei dem der zur Potentialtrennung eingesetzte Transformator wesentlich hinsichtlich seines Gewichts und Volumens reduziert ist. Des weiteren soll ein Ansteuerungsverfahren hierzu angegeben werden.

Die Aufgabe wird hinsichtlich des Systems durch ein Antriebssystem für ein Schienenfahrzeug gelöst, bestehend aus zwei über mindestens einen Transformator gekoppelten Teilsystemen, wobei in jedem der beiden Teilsysteme mindestens ein Vierquadrantensteller, mindestens ein Zwischenkreiskondensator und mindestens ein Wechselrichter angeordnet sind, der Vierquadrantensteller des ersten Teilsystems über ein Eingangsfiltersystem an ein Wechselspannungsnetz angeschlossen ist und der Wechselrichter des zweiten Teilsystems mit einem Antriebsmotor verbunden ist, wobei der Vierquadrantensteller des ersten Teilsystems mit einer Frequenz bis ungefähr 500 Hertz taktet, der Wechselrichter des ersten Teilsystems und der Vierquadrantensteller des zweiten Teilsystems im Bereich zwischen 8 und 20 Kilohertz betrieben werden und der Wechselrichter des zweiten Teilsystems ebenfalls bis ungefähr 500 Hertz taktet. Die genannten Obergrenzen der Frequenzen sind durch die Eigenschaften der derzeit verfügbaren Halbleiterschalter bedingt. Sobald entsprechende Bauelemente für höhere Frequenzen verfügbar sind, können auch höhere Taktfrequenzen gewählt werden.

Die Aufgabe wird hinsichtlich des Verfahrens durch ein Verfahren zur Ansteuerung der Halbleiterschalter der mit dem Transformator verbundenen Stromrichter gelöst, bei dem diese Halbleiterschalter mit einer Schaltfrequenz f_s betrieben werden, die näherungsweise folgende Bedingung erfüllt:

$$f_s = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2\pi \sqrt{L_s \cdot C_E}},$$

wobei L_s die Summe der primären und sekundären Streuinduktivität des Transformators ist und C_E die Ersatzkapazität in beiden Teilsystemen darstellt, mit

$$C_E = \frac{C_{DC1} \cdot C_{DC2}}{C_{DC1} + C_{DC2}},$$

wobei C_{DC1} die Kapazität im ersten Teilsystem und C_{DC2} die Kapazität im zweiten Teilsystem darstellt.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen insbesondere darin, daß durch den mit relativ hoher Frequenz betriebenen Transformator eine Potentialtrennung zwischen dem speisenden Wechselspannungsnetz und dem mindestens einen Antriebsmotor erfolgt, ohne daß dabei der Transformator ein hohes Gewicht aufweist und einen großen Raumbedarf erfordert. Im Vergleich zu den bei Schienenfahrzeugen üblicherweise im Eingangskreis verwendeten Transformatoren ist neben dem Gewicht und Raumbedarf auch die Verlustleistung des mit relativ hoher Frequenz betriebenen Transformators wesentlich reduziert. Infolge der harten Kopplung der beiden Teilsysteme bestehen die Möglichkeiten,

1. einen Saugkreis im ersten oder im zweiten oder in beiden Teilsystemen anzuschließen oder
2. durch Vergrößerung der Gesamtkapazität ganz auf Saugkreise zu verzichten.

Letztere Möglichkeit ist in heute üblichen Systemen aufgrund begrenzter, maximaler Zwischenkreiskurzschlußströme nicht gegeben. Das der Erfindung zugrundeliegende Antriebssystem weist diese Begrenzung wegen der in den Teilsystemen verteilten Kapazitäten nicht auf. Der Wegfall der induktiven Bauelemente des (der) Saugkreise(s) führt zu einer weiteren Gewichtsreduktion.

Mittels des vorgeschlagenen Ansteuerungsverfahrens werden vorteilhaft die Schaltverluste der mit dem Transformator verbundenen Halbleiterschalter in hohem Maße reduziert.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine einstufige Grundform der Antriebsschaltung,

Fig. 2 eine Alternative zur Antriebsschaltung gemäß Fig. 1,

Fig. 3 eine zweistufige Grundform der Antriebsschaltung,

Fig. 4 bis 6 weitere alternative Antriebsschaltungen,

Fig. 7 ein Antriebskonzept für ein Schienenfahrzeug mit mehreren netzseitig seriengeschalteten Teilstromrichtersystemen,

Fig. 8 die Ausbildung eines verwendeten Halbleiterschalters.

In Fig. 1 ist eine einstufige Grundform der Antriebsschaltung dargestellt. Es ist ein Vierquadrantensteller 1 (Gleichrichter) mit Saugkreis 2 und Zwischenkreiskondensator 3 (Gleichspannungszwischenkreis) zu erkennen. Wechselspannungsseitig ist der Vierquadrantensteller 1 über ein Eingangsdrosselsystem 4 an ein Wechselspannungsnetz angeschlossen. Am Zwischenkreis liegt ein Wechselrichter 5, der wechselspannungsseitig mit der Primärwicklung eines Transformators 6 beschaltet ist. An die Sekundärwicklung des Transformators 6 ist ein Vierquadrantensteller 7 (Gleichrichter) ange-

schlossen, der gleichspannungsseitig über einen Zwischenkreiskondensator 8 (Gleichspannungszwischenkreis) mit einem Wechselrichter 9 (Maschinenstromrichter) beschaltet ist. An den Wechselrichter 9 ist als Last ein Antriebsmotor 10 des Schienenfahrzeuges angeschlossen. Als Transformator wird vorzugsweise ein Transformator mit sehr geringer Streuinduktivität verwendet.

Wesentliches Merkmal des Antriebssystems ist die hohe Taktfrequenz im Bereich von 8 bis 20 kHz der Halbleiterschalter 11 der mit dem Transformator verbundenen, die Gleichspannungswandlung bewirkenden Stromrichter, d. h. des Wechselrichters 5 und des Vierquadrantenstellers 7. Vorteilhaft werden hierdurch Gewicht und Raumbedarf des Transformators wesentlich herabgesetzt und die vom menschlichen Ohr wahrnehmbaren Geräusche reduziert. Die Halbleiterschalter 11 des Vierquadrantenstellers 1 und des Wechselrichters 9 takten im Bereich kleinerer Schaltfrequenzen bis etwa 500 Hz.

Ein weiteres wichtiges Merkmal des Antriebssystems ist die sehr harte Kopplung der über den Transformator gekoppelten beiden Teilsysteme. Infolge der harten Kopplung wirken sich kapazitive Baukomponenten des einen Teilsystems unmittelbar und stark auf das andere Teilsystem aus. Hierdurch können die Kapazitäten der Spannungszwischenkreise vorteilhaft in einem wählbaren Verhältnis auf beide Teilsysteme aufgeteilt werden. Die Zwischenkreiskondensatoren 3, 8 wirken wie parallelgeschaltete Kondensatoren. Das hat den Vorteil, daß die beim Zwischenkreiskurzschluß in einer Stromrichterphase auftretenden Kurzschlußströme reduziert werden. Dies ist wichtig, da den Halbleiterschaltern keine strombegrenzenden Induktivitäten in Serie geschaltet sind. Dies wiederum reduziert die im Betrieb auftretenden Verlustleistungen. Des weiteren ist infolge der harten Kopplung der Saugkreis 2 für beide Vierquadrantensteller 1, 7 wirksam. Demzufolge kann der Saugkreis 2 auch im Zwischenkreis des zweiten Teilsystems angeordnet sein, wie die in Fig. 2 dargestellte Alternative zur Antriebsschaltung zeigt, oder bei einer Vergrößerung der gesamten Zwischenkreiskapazität ganz entfallen.

In Fig. 3 ist eine zweistufige Grundform der Antriebsschaltung dargestellt. Bei dieser zweistufigen Grundform sind das Eingangsdrosselsystem 4, der Vierquadrantensteller 1, der Saugkreis 2 und der Wechselrichter 9 unverändert im Vergleich zur Grundform gemäß Fig. 1. Es sind jedoch zwei in Serie geschaltete Zwischenkreiskondensatoren 12, 13 im ersten Teilsystem vorgesehen, an welche zwei Wechselrichter 14, 15 angeschlossen sind, die wechselspannungsseitig jeweils mit zwei Wicklungen eines Vier-Wicklungstransformators, in der Zeichnung, Fig. 3 als zwei magnetisch gekoppelte Transformatoren 16, 17 dargestellt, verbunden sind. An beide Sekundärwicklungen dieses Transformators 16, 17 ist ein eigener Vierquadrantensteller 18, 19 angeschlossen. Diese Vierquadrantensteller 18, 19 des zweiten Teilsystems speisen über zwei in Serie geschaltete Zwischenkreiskondensatoren 20, 21 den gemeinsamen Zwischenkreis des zweiten Teilsystems. Eine Symmetrierung der geteilten Zwischenkreisspannung ist durch die Verwendung der Vier-Wicklungstransformatoren gewährleistet.

Die zweistufige Grundform hat gegenüber der einstufigen Grundform den Vorteil, daß Halbleiterschalter 11 mit reduzierter Spannungsfestigkeit verwendet und damit höhere Taktfrequenzen erreicht werden können.

In Fig. 4 ist eine alternative Antriebsschaltung darge-

stellt, bei der zwei magnetisch gekoppelte Transformatoren 22, 23 vorgesehen sind, deren Primärwicklungen in Reihe geschaltet mit dem Wechselrichter 5 verbunden sind. Die Sekundärwicklungen der Transformatoren 22, 23 sind jedoch parallel geschaltet an den Vierquadrantensteller 7 angeschlossen. Bei dieser Antriebsschaltung ist bei einem Übersetzungsverhältnis des Transformators von 1 : 1 die am Zwischenkreiskondensator 8 anliegende Gleichspannung U_{d2} nur halb so groß wie die am Zwischenkreiskondensator 3 anstehende Gleichspannung U_{d1} .

In Fig. 5 ist eine alternative Antriebsschaltung dargestellt, bei der ein dreiphasiger Transformator 35 vorgesehen ist, der primärseitig mit einem dreiphasigen Wechselrichter 34 und sekundärseitig mit dem dreiphasigen Pulsleichrichter 33 beschaltet ist. Der dreiphasige Transformator 35 kann wie abgebildet in Stern/Sternschaltung, jedoch auch in Stern/Dreieckschaltung oder Dreieck/Sternschaltung oder in einer anderen allgemein bekannten Transformatorschaltung ausgebildet sein. Das erzielbare Spannungsverhältnis $U_{d1} : U_{d2}$ ist von der verwendeten Transformatorschaltung abhängig.

Allgemein haben die Schaltungsanordnungen der Fig. 4 und 5 den Vorteil einer Reduzierung der Spannung U_{d2} gegenüber der Spannung U_{d1} . Dies hat einen positiven Einfluß bei der notwendigen Reduzierung der Wechselspannung des speisenden Netzes auf die dem Antriebsmotor zuführbare Drehspannung.

In Fig. 6 ist ein Antriebskonzept für ein Schienenfahrzeug mit mehreren netzseitig seriengeschalteten Teilstromrichtersystemen dargestellt. Zwischen dem Fahrdraht/Stromabnehmer-System 36 und dem Rad/Schiene-System 37 des Schienenfahrzeuges sind mehrere Teilstromrichtersysteme 40.1 ... 40.n ($n = 1, 2, 3, \dots$) in Serie schaltbar. Jedes dieser Teilstromrichtersysteme ist über einen separaten Schalter 39.1 ... 39.n überbrückbar. Zwischen dem Fahrdraht/Stromabnehmer-System 36 und dem ersten Teilstromrichtersystem 40.1 ist eine Haupteingangsdrossel 38 vorgesehen, welche u. a. zur Überspannungsbegrenzung dient. Die Ausgänge der Teilstromrichtersysteme 40.1 ... 40.n liegen parallel. An diese Ausgänge sind über Schalter 43.1 ... 43.m zuschaltbare Teilstromrichtersysteme 41.1 ... 41.m ($m = 1, 2, 3, \dots$) angeschlossen, wobei jedes Teilstromrichtersystem 41.1 ... 41.m mit einem Antriebsmotor 42.1 ... 42.m verbunden ist.

Durch das in Fig. 6 gezeigte Konzept wird die relativ hohe Wechselspannung zwischen Fahrdraht/Stromabnehmer-System 36 und Rad/Schiene-Systeme 37 entsprechend der Anzahl n der Teilstromrichtersysteme 40.1 ... 40.n aufgeteilt, so daß jeder Vierquadrantensteller bzw. Wechselrichter der ersten Teilsysteme der Teilstromrichtersysteme mit Halbleiterschaltern 11 üblicher Sperrspannungsfestigkeit betreibbar ist. Die Anzahl m der vorzusehenden Teilstromrichtersysteme 41.1 ... 41.m richtet sich nach der erforderlichen Anzahl von Antriebsmotoren 42.1 ... 42.m.

Dabei enthält ein Teilstromrichtersystem 40.1 ... 40.n beispielsweise ein Eingangsdrosselsystem 4, einen Vierquadrantensteller 1, einen Zwischenkreiskondensator 3, gegebenenfalls einen Saugkreis 2, einen Wechselrichter 5 und einen Transformator 6. Das entsprechende Teilstromrichtersystem 41.1 ... 41.m enthält einen Vierquadrantensteller 7, einen Zwischenkreiskondensator 8 und einen Wechselrichter 9. Alternativ können selbstverständlich auch die vorstehend erläuterten alternativen Anordnungen gemäß den Fig. 2 bis 6 verwendet werden.

Alternativ zu dieser Ausführungsform kann jedes Teilstromrichtersystem 40.1 ... 40.n zusätzlich sekundärseitig des Transformators einen Vierquadrantensteller 7 und einen Zwischenkreiskondensator 8 aufweisen, wobei bei dieser alternativen Ausführungsform die Teilstromrichtersysteme 41.1 ... 41.m dann lediglich den sekundärseitigen Wechselrichter 9 beinhalten.

Bei der Aufteilung des Gesamtsystems in mehrere seriengeschaltete Teilstromrichtersysteme 40.1 bis 40.n werden die am Wechselspannungsnetz liegenden Halbleiterschalter vorzugsweise versetzt getaktet. Des weiteren sind die einzelnen Eingangsdrosselsysteme der Teilstromrichtersysteme vorzugsweise als stromkompensierte Drosseln ausgeführt, wodurch parasitäre Ausgleichsströme zwischen den einzelnen Teilstromrichtersystemen gedämpft werden.

In Fig. 7 ist die Ausbildung eines Halbleiterschalters 11 dargestellt, wie er für alle vorstehend erläuterten Vierquadrantensteller und Wechselrichter verwendet wird. Der Halbleiterschalter 11 besteht aus einem IGBT-Leistungshalbleiter 44 mit antiparalleler Inversdiode 45. Vorteilhaft werden kostengünstige asymmetrische Halbleiter eingesetzt und nicht symmetrisch sperrende Halbleiter, wie sie beispielsweise bei einem Direktumrichter eingesetzt werden müssen.

Das vorgeschlagene Antriebssystem kann auch zu einer Mehrsystem-Schaltung erweitert werden, welche durch Umgruppierung von einzelnen Baukomponenten an unterschiedlichen Netzen — wie Gleichspannungsnetzen unterschiedlicher Gleichspannung und Wechselspannungsnetzen unterschiedlicher Wechselspannung und Frequenz — betrieben werden kann.

Um die Schaltverluste der im Bereich 8 ... 20 kHz betriebenen Halbleiterschalter 11 zu minimieren, ist es vorteilhaft, den aus der Streuinduktivität des Transformators und den Kapazitäten in beiden Teilsystemen gebildeten Schwingkreis heranzuziehen und diese Halbleiterschalter in abgestimmter Art und Weise dann zu schalten, wenn der Stromfluß durch die Halbleiterschalter gerade ein Minimum aufweist. Deshalb sind diese Halbleiterschalter näherungsweise mit einer Schaltfrequenz f_s zu betreiben, die folgende Bedingung erfüllt:

$$f_s = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2\pi \sqrt{L_S \cdot C_E}},$$

wobei L_S die Streuinduktivität des Transformators ist und C_E die Ersatzkapazität in beiden Teilsystemen darstellt, mit

$$C_E = \frac{C_{DC1} \cdot C_{DC2}}{C_{DC1} + C_{DC2}},$$

wobei C_{DC1} die Kapazität im ersten Teilsystem und C_{DC2} die Kapazität im zweiten Teilsystem darstellt. Dabei ist es vorteilhaft, die Kapazitäten C_{DC1} und C_{DC2} unsymmetrisch aufzuteilen, um insgesamt eine relativ kleine Kapazität C_E zu realisieren. Wie vorstehend bereits erläutert, ist diese Maßnahme der Aufteilung der Kapazitäten aufgrund der harten Kopplung möglich.

1. Antriebssystem für ein Schienenfahrzeug, bestehend aus zwei über mindestens einen Transformator (6, 16/17, 22/23, 30/31/32, 35) gekoppelten Teilsystemen, wobei in jedem der beiden Teilsysteme mindestens ein Vierquadrantensteller (1, 7, 18/19, 33), mindestens ein Zwischenkreiskondensator (3, 8, 12/13, 20/21, 24/25/26) und mindestens ein Wechselrichter (5, 9, 14/15, 27/28/29, 34) angeordnet sind, der Vierquadrantensteller (1) des ersten Teilsystems über ein Eingangsdrosselsystem (4) an ein Wechselspannungsnetz angeschlossen ist und der Wechselrichter des zweiten Teilsystems mit einem Antriebsmotor (10) verbunden ist, wobei der Vierquadrantensteller (1) des ersten Teilsystems mit einer geringen Frequenz bis ungefähr 500 Hertz taktet, der Wechselrichter (3, 14/15, 27/28/29, 34) des ersten Teilsystems und der Vierquadrantensteller (7, 18/19, 33) des zweiten Teilsystems im Bereich zwischen 8 und 20 Kilohertz betrieben werden und der Wechselrichter (9) des zweiten Teilsystems ebenfalls bis ungefähr 500 Hertz taktet.

2. Antriebssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwei induktiv gekoppelte Transformatoren (16, 17) vorgesehen sind, die primärseitig mit je einem eigenen Wechselrichter (14, 15) und sekundärseitig mit je einem eigenen Vierquadrantensteller (18, 19) beschaltet sind, wobei die Gleichspannungsanschlüsse dieser Wechselrichter und Vierquadrantensteller mit je einem eigenen Zwischenkreiskondensator (12, 13; 20, 21) verbunden und diese Zwischenkreiskondensatoren jeweils in Reihe geschaltet sind.

3. Antriebssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Transformatoren vorgesehen sind, deren Primärwicklungen in Reihe geschaltet am Wechselrichter (5) und deren Sekundärwicklungen parallel geschaltet am Vierquadrantensteller (7) liegen.

4. Antriebssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein dreiphasiger Transformator (35) vorgesehen ist, dessen Primärwicklungen mit einem dreiphasigen Wechselrichter (34) und dessen Sekundärwicklungen mit einem dreiphasigen Pulsleichrichter (33) verbunden sind.

5. Antriebssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Teilstromrichtersysteme (40.1 bis 40.n) zwischen dem Fahrdraht/Stromabnehmer-System (36) und dem Rad/Schiene-System (37) in Reihe geschaltet sind, wobei jedes Teilstromrichtersystem mindestens einen Vierquadrantensteller, mindestens einen Zwischenkreiskondensator, mindestens einen Wechselrichter und mindestens einen Transformator aufweist.

6. Antriebssystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Teilstromrichtersystem zusätzlich noch mindestens einen sekundärseitigen Vierquadrantensteller aufweist.

7. Antriebssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Teilstromrichtersystem zusätzlich noch mindestens einen sekundärseitigen Zwischenkreiskondensator aufweist.

8. Antriebssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Halbleiterschalter (11) der Vierquadrantensteller und Wechselrichter als IGBT-Leistungshalbleiter (44) mit paralleler Inversdiode (45) ausgebildet ist.

9. Verfahren zur Ansteuerung der Halbleiterschalter der mit dem Transformator verbundenen Stromrichter eines Antriebssystems gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß diese Halbleiterschalter mit einer Schaltfrequenz f_s betrieben werden, die näherungsweise folgende Bedingung erfüllt:

$$f_s = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2\pi \sqrt{L_S \cdot C_E}}, \quad 10$$

wobei L_S die Streuinduktivität des Transformators ist und C_E die Ersatzkapazität in beiden Teilsystemen darstellt, mit

$$C_E = \frac{C_{DC1} \cdot C_{DC2}}{C_{DC1} + C_{DC2}}, \quad 20$$

wobei C_{DC1} die Kapazität im ersten Teilsystem und C_{DC2} die Kapazität im zweiten Teilsystem darstellt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig.1

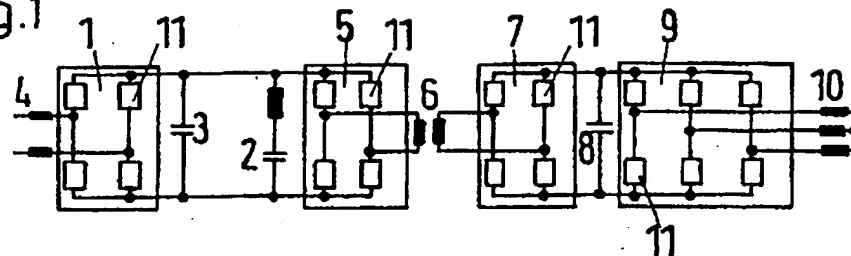


Fig.2

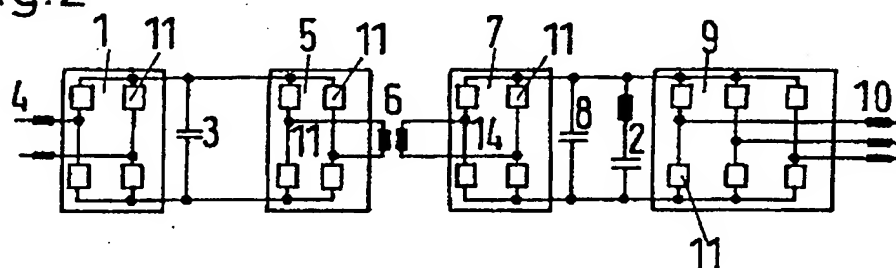


Fig.3

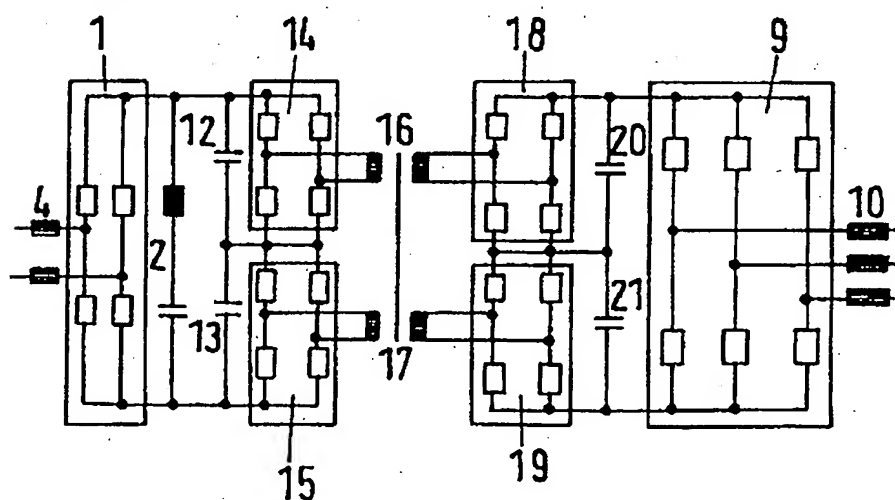


Fig.4

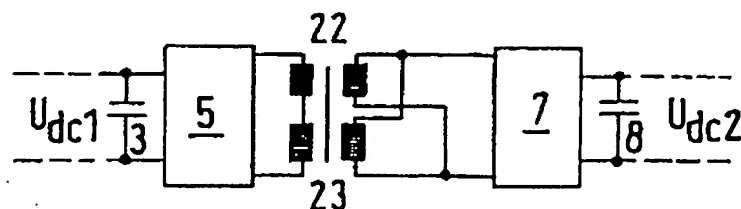


Fig.5

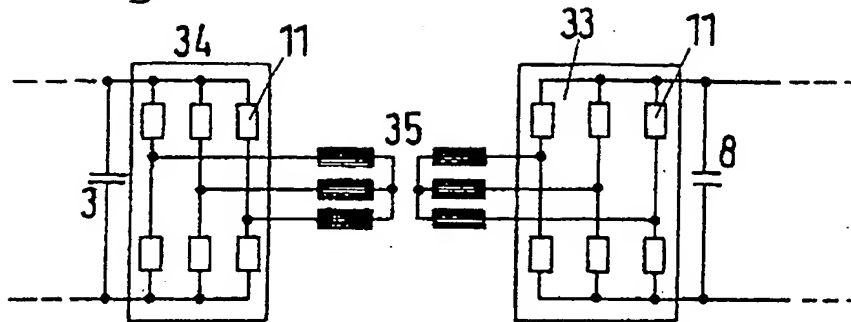


Fig.6

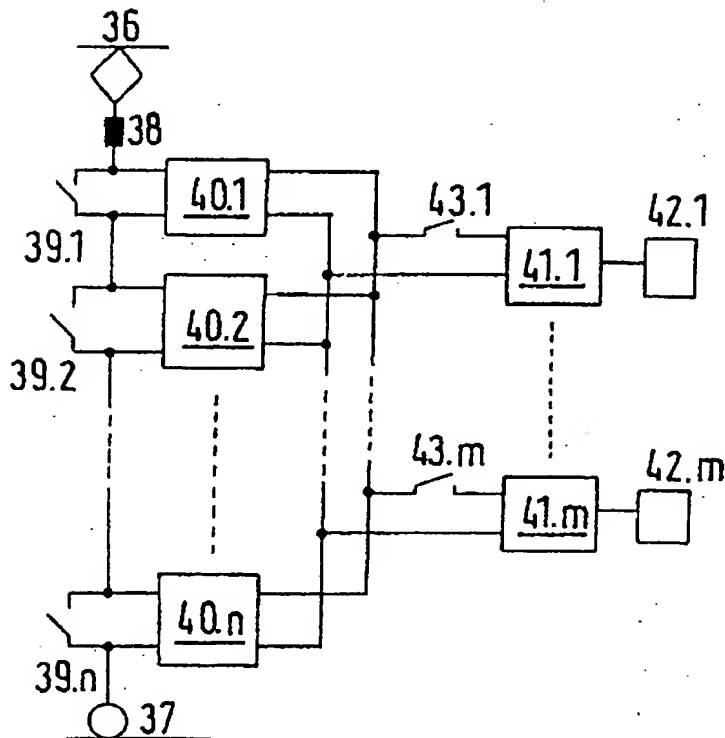


Fig.7

